

生 物

医学部・応用生物科学部

問 題 冊 子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 問題冊子は 13 ページで、医学部は解答用紙 3 枚・白紙 1 枚、応用生物科学部は解答用紙 5 枚・白紙 3 枚である。乱丁、落丁、印刷不鮮明の箇所などがある場合は、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は、解答用紙のそれぞれ指定の欄すべてに必ず記入すること。
4. 解答は、解答用紙の指定箇所に記入すること。
5. 問題は 5 題ある。応用生物科学部の受験生は 5 題すべてに解答すること。医学部の受験生は問題 1, 2, 3 に解答すること。
6. 解答用紙は持ち帰らないこと。
7. 問題冊子と白紙は持ち帰ること。
8. 大問ごとに、満点に対する配点の比率 (%) を表示してある。

1 次の文章 I, II を読み、問 1 ~ 8 に答えよ。(配点比率 医 33 %, 応生 20 %)

I. 生息に適した環境に移動できる動物には、化学物質や光などの刺激に反応して、刺激の方向へ向かう行動や刺激から遠ざかる行動がある。この行動は とよばれ、生後の経験などにもとづく習得的な行動とは異なる。 に比べより複雑な生得的な行動には、外敵などの危害から身を守る防御や、食物や異性などを求めて動きまわる探索などの がある。

一方で、定着場所から大きく移動することができない植物には、環境や刺激に対応するため、日長がある一定の長さより短くなったり、長くなったりすると花芽が形成される現象や、^①光の波長によって発芽の促進や抑制が決定される現象がみられる。この他にも、芽生えに一方 ^②向から光を照射すると、芽生えは光源方向へ屈曲する。

光以外にも、植物の成長を調節する刺激が知られている。例えば、芽生えたあとの植物を水平に横倒しにして生育させると、地上部の茎が上向きに、地下部の根が下向きに屈曲してくる。暗室でも、同様にこの現象は観察されるため、重力の刺激を感知していると考えられる。また、植物には刺激の方向に対する正負の屈性反応以外に、刺激の方向とは関係なく、刺激に対して決まった運動を示す反応がある。これを ^⑤とよぶ。

問 1. ~ に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①のように、生物が日長の影響を受けて反応する性質は何とよばれるか記せ。

問 3. 下線部②に関して、発芽を促進するホルモンの名称を記せ。

問 4. 下線部③で、根と茎で正負の異なる屈性がおきる仕組みについて、「抑制」、「促進」の 2 語を用いて 70 字以内で記せ。

下書き用 (70 字)

5					10					15					20				

問 5. 下線部④に関して、重力の刺激が茎の屈曲にかかわることを検証するためには、どのような条件においた場合に屈曲が起きないことを確かめればよいか、その条件を 1 つ簡潔に記せ。

問 6. 下線部⑤にあてはまる現象を、次の中からすべて選び記号で記せ。

- (a) 低温にさらしたところ、チューリップの花芽形成が促進された。
- (b) キュウリの巻きひげが支柱に巻き付いた。
- (c) オジギソウの葉に触れたところ、葉が閉じた。
- (d) キュウリの茎の頂芽を切ったところ、側芽が伸長した。
- (e) 明るくなるとタンポポの花が開き、暗くなると閉じた。

II. 表1は、ある緑色植物における葉の温度と100 cm²の葉の呼吸量または光合成による真の二酸化炭素吸収量の値の関係を示している。照射した光の強さは、5万ルクスまたは1万ルクスとし、呼吸量は光の強さによらず同一であった。

表1 ある緑色植物の呼吸量および強光下・弱光下の真の二酸化炭素吸収量と温度の関係

温 度 (°C)	呼 吸 量	真の二酸化炭素吸収量 (5万ルクス) (mg CO ₂ /100 cm ² 葉面積/時)	真の二酸化炭素吸収量 (1万ルクス)
5	0.9	2.3	2.3
10	1.1	4.5	4.5
15	1.3	6.0	4.7
20	1.6	7.2	4.7
25	1.8	8.0	4.7
30	2.1	8.3	4.7
35	3.8	7.3	3.8
40	5.8	5.8	2.0

問 7. 一定時間、光を照射した際に、葉の乾燥重量の変化が、5万ルクスと1万ルクスにおいて同一の値となる場合がある。同一の温度条件を除いて、5万ルクスのある温度での葉の乾燥重量の変化と、1万ルクスのある温度での葉の乾燥重量の変化が、同一となる表1中のすべての組み合わせについて解答せよ。なお、葉で合成された物質が他の部位へ運ばれることはないものとする。

解答例) 5万ルクスX°Cと1万ルクスY°C

問 8. 温度15°C、1万ルクスの条件に、50 cm²の面積の葉をある時間おき、その後、温度15°Cで暗黒下に24時間おいた。この時、葉の乾燥重量の変化は、温度30°C、5万ルクスの条件に、100 cm²の面積の葉を8時間おき、その後、温度15°Cで暗黒下に12時間おいた場合と同一の値となった。温度15°C、1万ルクスの条件におかれた時間を、小数点以下第2位を四捨五入し、小数点以下第1位まで記せ。なお、葉で合成された物質が他の部位へ運ばれることはないものとする。

2

次の文章を読み、問1～9に答えよ。(配点比率 医33%，応生20%)

① 遺伝子の本体がDNAであることが証明されると、やがてその構造を解明するための研究が展開された。その結果、どの生物のDNAも4種類のヌクレオチドからなること、さらに、その4種類のヌクレオチドのうち2種類ずつをそれぞれほぼ同じ割合で含むことが明らかとなった。このような化学的な性質とX線回折の結果に基づき、アとイによってDNAの分子構造が解明された。すなわちDNAは、全体にねじれた2本の鎖が対をなして緩やかに結合する構造、いわゆる「二重らせん構造」をとることが判明した。

DNAの構造の解明は、さらなる研究の進展をもたらした。例えば、メセルソンとスタールは、窒素の同位体(^{15}N)および大腸菌を用いて実験を行った。 ^{15}N は、通常の窒素原子(^{14}N)と化学的な性質は同じながら、わずかに質量が大きいという特性をもつ。まず、彼らは、 ^{15}N を含む培地で何世代も大腸菌を継代することで、そのDNA中の窒素がすべて ^{15}N に置き換わった大腸菌を用意した。 ^{15}N のみを有するDNAは、 ^{14}N のみを有するものよりも密度が大きいため、特殊な遠心分離を行うことで両者を区別することができる。次に、この大腸菌を通常の培地(^{14}N のみを含む)に移し、1回だけ分裂させた後、DNAを抽出し遠心分離を行った。その結果、このDNAは、 ^{15}N のみを有するDNAと ^{14}N のみを有するDNAの中間の密度をもつことが判明した。通常の培地を用いて、さらに1回分裂させた大腸菌(計2回分裂)のDNAは、この中間密度のDNAと ^{14}N のみを有するDNAを1:1の比率で含んでいた。なお、このとき、 ^{15}N のみを有するDNAは確認されなかった。彼らは、同様の実験を計3～5回分裂させた大腸菌のDNAでも実施した。④ 以上の実験により、彼らはDNAの複製様式を解明することに成功した。

⑤ その後の研究により、DNAの有する遺伝情報が各タンパク質を構成するアミノ酸の配列を決定していることが判明した。真核細胞では、タンパク質の合成は細胞質で行われるため、遺伝情報は核内のDNAから細胞質へと持ち出されなくてはならない。後に、もう1つの核酸として知られるRNAが⑥ 遺伝情報を細胞質へ伝達する役割を果たしていることが明らかとなった。

問1. 文中のアとイに適当な人名を入れよ。ただし、順を問わない。

問2. 下線部①について、遺伝子の本体がDNAであることを証明した実験を(a)～(e)の中からすべて選び、記号で記せ。

- (a) 肺炎双球菌のS型菌の抽出液をタンパク質分解酵素で処理した後で、R型菌に加えた場合、形質転換が確認された。一方、同抽出液をDNA分解酵素で処理した場合には形質転換が起こらなかった。
- (b) アカパンカビのアルギニン要求株は、最少培地に、オルニチンまたはシトルリンを添加すれば発育できるもの、シトルリンを添加すれば発育できるもの、シトルリンを添加しても発育しないものの3つに大別された。

- (c) DNA あるいはタンパク質のいずれかに目印をつけた T_2 ファージを大腸菌に感染させ、どちらが細胞内に入るかを調べた。その結果、DNA だけが細胞内に侵入し、その DNA をもとにタンパク質に被われた子ファージが産生されることがわかった。
- (d) キイロショウジョウバエの様々な形質に基づき、各遺伝子の組換え価を計算し、詳細な染色体地図を作成した。
- (e) ヒトのゲノム DNA の解読により、約 2.2 万個の遺伝子の存在が確認された。

問 3. 下線部②のヌクレオチドは 3 つの構成単位が結合してできている。以下の用語の適当なものを使って、例にならぬヌクレオチドを示せ。

(用語) コハク酸, 糖, アミノ酸, リン酸, 鉄, 塩基, グリセリン

解答例) ショ糖(グルコースとフルクトースが結合したもの)の場合

グルコース=フルクトース

問 4. 下線部③の ^{15}N は、問 3 で解答した 3 つの構成単位のいずれに取り込まれたか、その名称を記せ。

問 5. 下線部④のように、計 3 ~ 5 回分裂させた大腸菌の DNA で実験を実施した場合、 ^{15}N のみを有する DNA、中間密度の DNA、 ^{14}N のみを有する DNA がどのような比率で確認されるかについて、分裂回数ごとに区別して記せ。

問 6. 下線部⑤で解明された DNA の複製様式は一般に何とよばれるのか、その名称を記せ。また、そのようによばれる理由を 50 字以内で説明せよ。

下書き用 (50 字)

問 7. 細胞内における RNA と DNA の構造と構成単位における相違点をそれぞれ 1 つずつ記せ。

問 8. 下線部⑥の役割を果たす RNA の名称を記せ。

問 9. DNA から RNA が合成される過程を何とよぶか、その名称を記せ。

3

次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率 医：34%，応生：20%)

生体は外部環境(温度, 光, 重力など)の変化に対して、内部環境をほぼ一定に保つように調節している^①。しかし、実際には内部環境は静的状態ではなく、いくつかの互いに影響し合う系が協調して、生理的条件を一定に保っている。例えば、血圧の調節機構がその1つである。血液が血管を押す力を血圧といい、心臓から送り出される血液量と血管の抵抗によって決定されている。それらは交感神経や副交感神経からなる自律神経系と、ホルモンによる内分泌系によって調節されている^④。

血圧を一定に調節することができない病気の1つとして起立性低血圧症がある。起立性低血圧症では、急に立ち上がった時にめまいや動悸^{どうき}などが起きることがある。図1は、動脈血圧反射を示したものであるが、ヒトが横になっている状態や座っている状態から急に立ち上がると、約500～800 mlの血液が下腹部あるいは下半身へと移動し、心臓へと戻る血液量が約30%減少する。このため、心臓から送り出される血液量は減少し、血圧が低下する。しかし、実際には、この血圧の低下に対し、頸動脈や大動脈弓部に存在する圧受容器(伸展受容器)が血圧の低下を感知して、イの循環中枢へと伝えることで、心拍数の増加や血管の収縮を生じ血圧が上昇する^⑤。このように、健常者ではこの動脈血圧反射が適切に機能して血圧の低下を抑制し、血圧を一定に保っている。

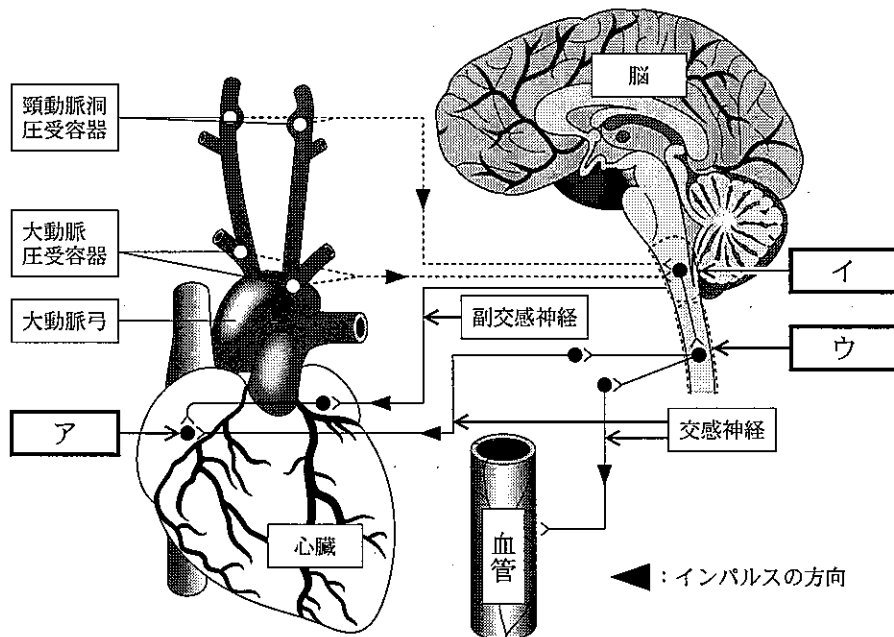


図1 動脈血圧反射による血圧の調節

問 5. 下線部⑤について、 は呼吸運動や心臓の拍動の中枢であり、動脈血圧反射において、圧受容器からのインパルスを受け取る。その後、 へ情報が伝わり、 から出た交感神経繊維の興奮によって心拍数の増加や血管の収縮を生じる。

(1) に適切な語を入れよ。

(2) と間脳、中脳は生命維持に直接関係している。この3つをまとめて何というか、記せ。

(3) に適切な語を入れよ。

4 次の文章を読み、問1～4に答えよ。(配点比率 応生：20%)

多くの動物は、出生した後、様々な段階において飢餓、捕食あるいは病気といった要因により死亡する。同時に生まれたある動物について、時間の経過にもなう生存個体数の減少を表にしたものを^①アという。

死亡する数よりも出生する数の方が多ければ、その動物の個体数は増加していくことになる。しかしながら、ある動物の個体群密度が大きくなるに従い、この動物の個体群内のイは激しくなる。その結果、この動物の死亡率が増大し、個体群の成長は次第に緩やかとなる。

動物にかぎらず、ほとんどの生物は、それぞれにとって好適な条件下で個体数を増加させる。しかしながら、自然環境下では様々な制約により、生物の個体数は、増減を繰り返すこともある。多くの生物同士が相互関係をもち、互いに影響を与え合いながら生活していることが、その^②原因の1つである。^③

問1. 文中の ア と イ に適切な語を入れよ。

問2. 下線部^①について、ある地域に生息する野生のリスを対象として調査を実施した。調査開始1年目に、調査地域内で生まれたすべてのリス個体に標識を付けた。その後、すべての標識個体が死亡するまで毎年1回、標識個体の生存状況を調べた。7年目の調査の際には生存個体は確認されなかった。一連の調査の結果から表1の ア を作成した。これらをふまえ、以下の問いに答えよ。

表1 リス標識個体の年齢と相対生存個体数

調査年	標識個体の年齢	最初の個体数を1000とした場合の相対生存個体数
1年目	0歳	1000
2年目	1歳	214
3年目	2歳	95
4年目	3歳	65
5年目	4歳	32
6年目	5歳	10

- (1) 2年目の調査で生存が確認された標識個体の数は86頭であった。1年目の調査開始時に標識を付けられたリスの頭数を求めよ。小数点以下を四捨五入し整数で記入することとする。
- (2) 標識個体の死亡率が最も低かったのは何歳か。また、その年齢における死亡率を求めよ。年齢は整数で、死亡率は小数点以下第4位を四捨五入して記入することとする。ただし、死亡率は0～1の値をとる。

問3. 下線部②について、ある植食性のハダニ(被食者)とこれを捕食するカブリダニ(捕食者)を同じ容器内で飼育する実験をおこなった。実験当初、被食者のえさ、被食者および捕食者を同じ容器内に入れただけでは、捕食者が被食者を食べつくし、両種とも全滅してしまった。そこで飼育条件に工夫を凝らした結果、被食者と捕食者の個体数が自己の繁殖によって周期的に変動する環境を再現することができた。それぞれの個体数の推移を記録した結果を図1にまとめた。なお、容器内における被食者のえさは常に十分量与えられているものとする。これらをふまえ、以下の問いに答えよ。

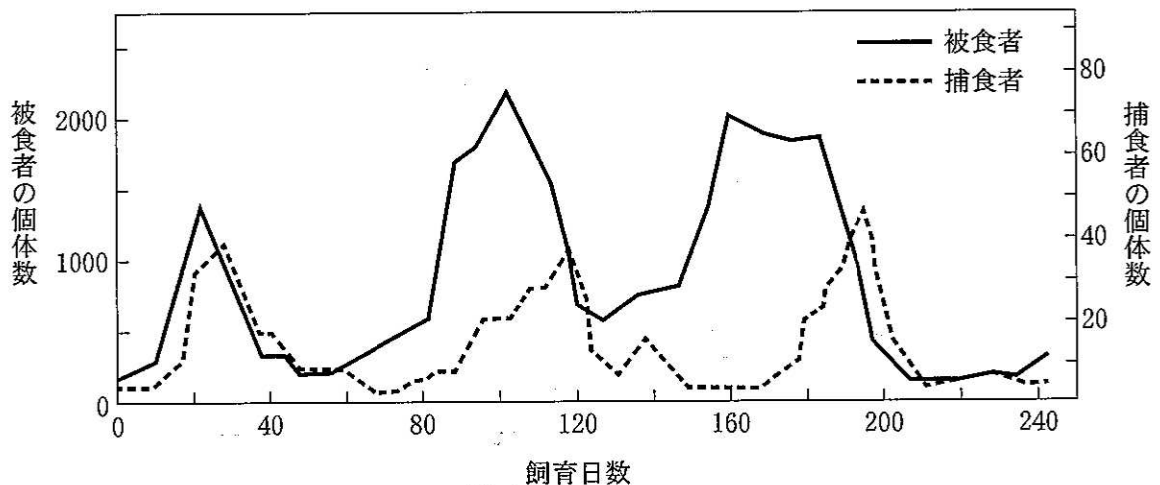


図1 同じ容器で飼育したハダニ(被食者)とカブリダニ(捕食者)の個体数変動

- (1) 二重下線部②について、被食者と捕食者の個体数が自律的に周期変動する環境を再現するための飼育条件の工夫として最も適切なものを次の(a)～(d)から1つ選び、その記号を記せ。
- (a) 被食者の避難場所や避難ルートをつくり、ある程度被食者が捕食されるのを回避できるようにした。
- (b) 捕食者が被食者を食べ尽くすほどに増加することを防ぐため、捕食者の数が一定となるように捕食者の一部を容器から除去し続けた。
- (c) 被食者のえさをより質の高いものに変更し、被食者の繁殖率を増大させた。
- (d) 捕食者のえさ不足を避けるため、一定数の被食者を容器内に供給し続けた。

(2) 図1から、被食者の個体数が周期的に増減する様子がわかる。一般的にこのような被食者と捕食者の関係においては、被食者の個体数の増減に、(I)最初に個体数が増加していく段階、(II)個体数が増加から減少に転じる段階、(III)個体数が減少から増加に転じる段階、の3つの段階があると考えることができる。(I)~(III)の段階で生じている現象について記述された下記の文章について、 ~ にあてはまる選択肢を以下の(a)~(d)から選び、記号で記せ。なお、それぞれの選択肢は何度使ってもよい。

- (I) はじめ の数は増加していくが、その後の捕食者の に伴い、捕食される被食者の数も していく。
- (II) 捕食される被食者の数が の増加個体数を上回ると、 の個体数は に転じる。 の減少によって時間的な遅れを伴いながら も減少していく。
- (III) 捕食される被食者の数が の増加個体数を下回ると、再び被食者は を始める。

選択肢：(a) 被食者 (b) 捕食者 (c) 増加 (d) 減少

問 4. 下線部③について、2種の生物の個体群間の相互関係を表2にまとめた。

表2 2種の生物の個体群間の相互関係

利益・不利益		相互関係	具体的な例
種 1	種 2		
<input type="text" value="ス"/>	+	相利共生	アリとアリマキ
+	0	<input type="text" value="ソ"/>	<input type="text" value="チ"/>
+	-	<input type="text" value="タ"/>	ヒゼンダニとタヌキ
+	-	捕食-被食関係	フクロウとヒメネズミ
0	0	中立	シマウマとキリン
-	<input type="text" value="セ"/>	競争	メダカとカダヤシ

利益を+，不利益を-，どちらでも無い場合を0で示した。

~ に適切な符号(利益を+，不利益を-，どちらでも無い場合を0)や語を入れよ。また に入る2種の組み合わせとして最も適切なものを次の(a)~(d)から選び、その記号を記せ。

- (a) ヤマネコとカンジキウサギ (b) コバンザメとサメ
(c) イワナとヤマメ (d) マメ科植物と根粒菌

5 次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率 応生：20%)

動物細胞は細胞膜とよばれる一枚の膜によって囲まれており、細胞外としきられている。細胞膜は層状に並んだリン脂質にタンパク質が組み込まれており、これらの構成物質は比較的自由に動くことができる^①と考えられている。この構造は モデルとよばれ、広く支持されている。核やミトコンドリアなどの細胞小器官の膜も同じような構造をしているので、これらを合わせて 膜とよばれる。

細胞膜の性質の一つは物質の出入りを調節することである。リン脂質だけからなる人工的な膜は、通過させることのできる物質と通過させることができない物質がある^②。さらに、細胞膜にはイオンの選択的透過や濃度差に逆らった物質輸送などに関与するタンパク質もあり、物質の出入りを調節している。また、多くの動物細胞の細胞膜の内側には、タンパク質からできた繊維状の構造である細胞骨格が網目のように広がっていることが知られている。 もこの構造の構成タンパク質として知られているが、 は筋肉においてミオシンとは別のフィラメントを構成している。

細胞膜を構成するタンパク質は小胞体で合成され、 を経て、 から出芽した小胞が移動して細胞膜と融合することで、細胞膜へと運ばれる。この輸送には、繊維状の構造である細胞骨格やそれに沿って移動するモータータンパク質が必要である。細胞骨格のうち、微小管は中心体という構造によって制御されている^④。

問 1. ～ に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に関して、リン脂質分子は図1のように疎水性部分と親水性部分からなる。図1のようなリン脂質分子を10個用いて細胞膜の断面を模式的に示せ。ただし、リン脂質以外の細胞膜の成分は書き加えないこと。

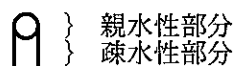


図1 リン脂質分子

(3) 水分子はリン脂質だけからなる膜をある程度透過するが、細胞によっては非常に速く水分子を透過させることが知られている。水分子を速く透過させるためにはあるタンパク質が必要である。このタンパク質の働きについて、以下の用語から必要なものを用いて50字以内で説明せよ。

(用語) 水分子, チャンネル, ポンプ, 能動輸送, 受動輸送

下書き用 (50字)

5					10					15					20							

問 4. 下線部③に関して、小胞の輸送に関わる細胞骨格として微小管が知られている。微小管に沿って移動するモータータンパク質の名称として適切なものを下記の(a)~(h)から2つ選び、記号を記せ。

- | | | |
|--------------|----------------|-------------|
| (a) ペプシン | (b) RNA ポリメラーゼ | (c) ダイニン |
| (d) フィブリノーゲン | (e) キネシン | (f) 免疫グロブリン |
| (g) アミラーゼ | (h) ミオグロビン | |

問 5. 下線部④に関して、中心体が微小管の制御を通じて担う機能を1つ記せ。